

СТАБИЛЬНОСТЬ КОМПЛЕКСНОГО ЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНЫХ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ВЫДЕРЖЕК ПРИ 1100°C

Мороз Е.В.

Руководитель – д.т.н. Кузнецов В.П.

ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,
г. Екатеринбург, evmoroze@el.ru

Надежность и долговечность защитного покрытия при эксплуатации зависит от его фазовой и структурной стабильности при высоких температурах. С этой целью были разработаны диффузионно-конденсационные защитные покрытия, имеющие градиентное распределение легирующих элементов по толщине, которые получали по следующей схеме: формирование на поверхности сплава диффузионного барьерного слоя (ГЦП CrAl), последующее нанесение двухслойных конденсированных покрытий, состоящих из внутреннего слоя системы Ni - Cr - Al - Ta - Re - Y и внешнего слоя системы Al - Ni - Cr - Y.

Защитные покрытия наносились на отливки монокристаллических образцов и лопаток из сплава ЖС36-ВИ с кристаллографической ориентацией [001].

Цель настоящей работы – изучение структурной и фазовой стабильности, а также состава возникающих фаз в комплексном покрытии ГЦП CrAl + ИПП NiCrAlTaReY + ИПП AlNiCrY и реакционной зоне взаимодействия с монокристаллическим сплавом ЖС36ВИ при длительных высокотемпературных выдержках при 1100°C.

В исходном состоянии общая толщина покрытия составляет 80-90 мкм (рис. 1 а). Внешняя зона покрытия состоит из β -фазы, легированной никелем и хромом, содержащей 20 мас. % алюминия (слой 1, рис. 1 а). Внутренний слой покрытия состоит из смеси легированных β , γ' и γ -фаз (слой 2, рис. 1 а), а на границе с диффузионной зоной ГЦП CrAl находится β -фаза, содержащая 18 – 20 мас. % алюминия (слой 3, рис. 1 а). Диффузия тугоплавких элементов сплава (W, Re, Mo) в комплексное покрытие не наблюдается.

На сплаве ЖС36ВИ формируется диффузионная зона с дисперсными выделениями (слой 4, рис. 1 а), обогащенная Co, Re, W, Cr. Матрицей диффузионной зоны является β -фаза с пониженным содержанием Al. На границе сплав - покрытие возникает большой концентрационный градиент Ni, Al, Cr, W, Re.

После проведения высокотемпературных испытаний при 1100°C в течение 1 – 1000 часов покрытие утрачивает свое слоистое строение (рис. 1 б). Во внешней зоне покрытия происходит распад $\beta \rightarrow \gamma'$, но сохраняется большое количество β -фазы NiAl, содержащей 16-17 мас. % Al. Также

наблюдается слой легированной γ' - фазы Ni_3Al и прослойки из γ' -фазы с мелкодисперсными выделениями.

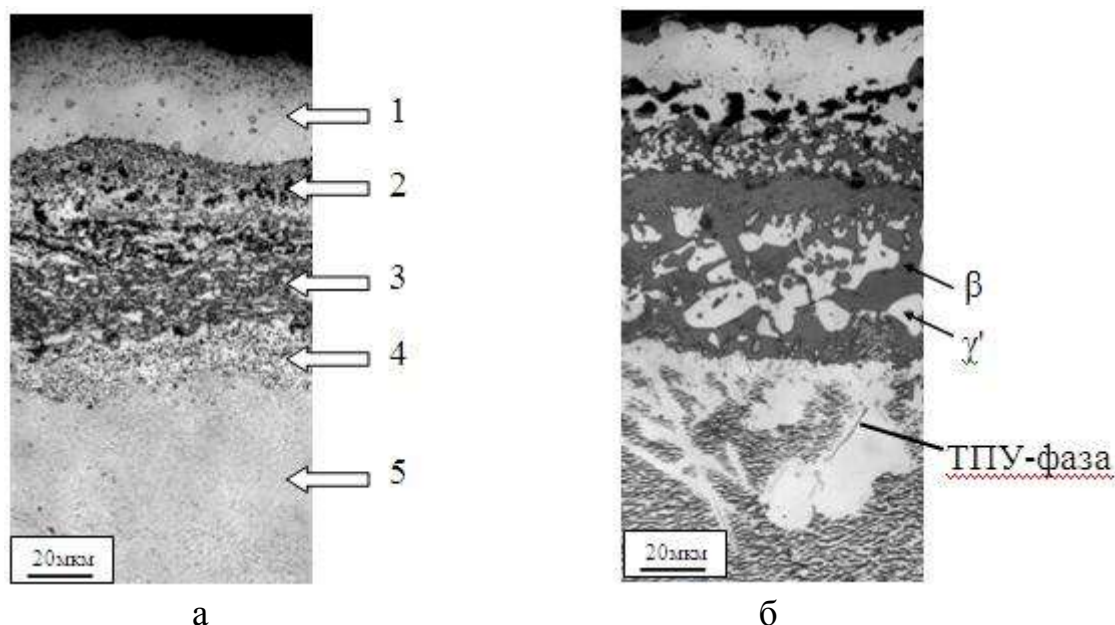


Рис. 1. Микроструктура комплексного градиентного покрытия на сплаве ЖС36ВИ [001] в исходном состоянии (а) и после высокотемпературной выдержки при $T=1100^{\circ}\text{C}$ в течение 500 часов (б). Стрелками отмечены следующие слои: 1 – ИПП ВСДП18 (β -фаза NiAl); 2 – ИПП NiCrAlTaReY (смесь β -, γ - и γ' - фаз); 3 – β -фаза NiAl ГЦП CrAl ; 4 – диффузионная зона ГЦП CrAl ; 5 – основа

Под комплексным покрытием образуется реакционная зона. Согласно данным оптической металлографии ширина реакционной зоны составляет 70 – 80 мкм. В этой зоне наблюдаются выделения ТПУ-фаз округлой и пластинчатой форм, обогащенных W, Re, Cr и Mo.

Результаты испытаний на жаростойкость при 1100°C показали, что комплексное покрытие обеспечивает защиту сплава от окисления на базе испытаний 1000 часов, сохраняя свои защитные свойства.

Созданное комплексное градиентное покрытие, состоящее из трех слоев: ГЦП CrAl , ИПП системы Ni-Cr-Al-Ta-Re-Y и ИПП системы Al-Ni-Cr-Y , обладающее уникальными защитными свойствами при $1100\text{--}1250^{\circ}\text{C}$, предназначено для монокристаллических охлаждаемых лопаток перспективных ГТД с температурой газа на входе в турбину 1550 К.

Работа выполнена при поддержке конкурса на проведение научных исследований аспирантами, молодыми учеными и кандидатами наук УрФУ.